

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-027537  
 (43)Date of publication of application : 30.01.1996

(51)Int.Cl.

C22C 33/04  
 B22D 27/04  
 C22C 38/02

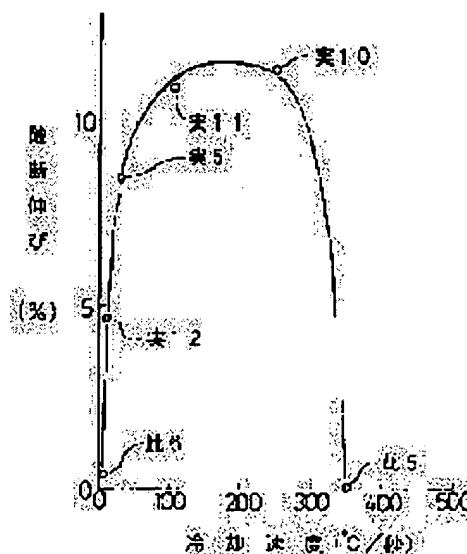
(21)Application number : 06-162322 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
 (22)Date of filing : 14.07.1994 (72)Inventor : MORIKAWA TAKASHI  
 SHIBATA SHINJI

## (54) PRODUCTION OF FINE SPHEROIDAL GRAPHITE CAST STEEL

### (57)Abstract:

PURPOSE: To uniformly precipitate fine spheroidal graphite without using expensive elements having function of sphering graphite.

CONSTITUTION: A molten graphite cast steel, consisting of, by weight, 1.2-1.8% C, 2.5-4.5% Si, and the balance Fe with inevitable impurities, is cooled in a metal mold at (10 to 250)°C/sec cooling rate. Defects such as microporosity are introduced by rapid cooling, which is presumed to increase graphite formation sites. By this method, fine spheroidal graphite is uniformly precipitated without using expensive elements having function of sphering graphite.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03.07.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-27537

(43) 公開日 平成8年(1996)1月30日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 33/04		K		
B 2 2 D 27/04		G		
C 2 2 C 38/02				

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-162322

(22) 出願日 平成6年(1994)7月14日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 森川 隆

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 柴田 眞志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

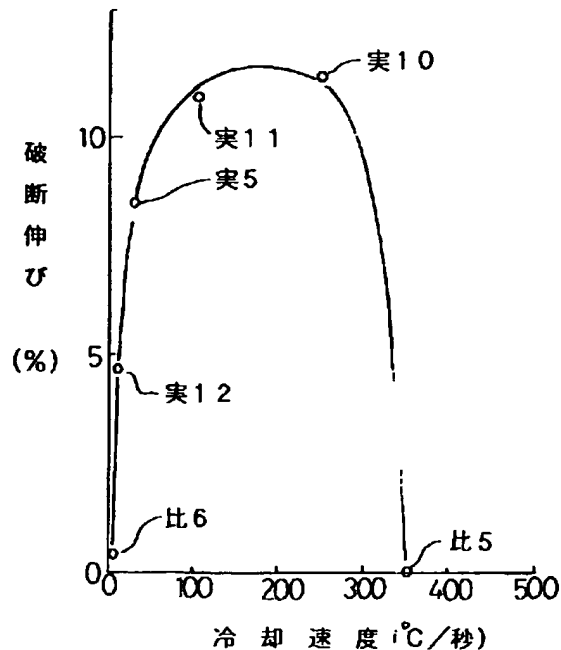
(74) 代理人 弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 微細球状黒鉛鋳鋼の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 黒鉛球状化能をもつ高価な元素を用いることなく、微細な球状黒鉛を均一に析出させる。

【構成】 C: 1.2~1.8重量%, Si: 2.5~4.5重量%, 残部Fe及び不可避免の不純物からなる黒鉛鋳鋼の溶湯を金型内にて10~250℃/秒の冷却速度で冷却することを特徴とする。急激に冷却することによりミクロボロシティなどの欠陥が導入され、それによって黒鉛生成サイトが増加すると推定され、黒鉛球状化能をもつ高価な元素を用いなくても微細な球状黒鉛が均一に析出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭素(C) 1.2~1.8重量%、珪素(Si) 2.5~4.5重量%、残部鉄(Fe)及び不可避免の不純物からなる黒鉛鑄鋼の溶湯を金型内にて10~250℃/秒の冷却速度で冷却することを特徴とする微細球状黒鉛鑄鋼の製造方法。

【請求項2】 炭素(C) 1.5~1.8重量%、珪素(Si) 3.5~4.5重量%、残部鉄(Fe)及び不可避免の不純物からなる黒鉛鑄鋼の溶湯を金型内にて10~50℃/秒の冷却速度で冷却することを特徴とする微細球状黒鉛鑄鋼の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、微細な球状黒鉛が析出した鑄鋼の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、塑性加工や切削加工などを容易とするために、鑄物中に球状黒鉛を析出させた黒鉛鑄鋼が知られている。この球状黒鉛は、短い間隔で多数の微細な粒子が均一に分布していることが望ましい。これにより切削時の潤滑性が向上し、切り粉長が短くなるので、切削加工性が格段に向上する。

【0003】鑄鋼中に球状黒鉛を析出させるには、従来より熱処理を行う方法が知られている。しかしこの方法では、熱処理に長時間要するため生産性が低く、また析出する黒鉛粒子も粗大で球状とはならないという不具合があった。そこで黒鉛球状化能をもつ元素(接種材)の添加が盛んに研究され、Ce、Mg、Ca、Na、K、Li、Ba、Sr、Znなどが黒鉛球状化能をもつことが知られてきた。

【0004】また、例えば特開平5-339675号公報には、炭素(C) 0.45~1.5重量%、珪素(Si) 1.0~5.5重量%、REM 0.008~0.25重量%、カルシウム(Ca) 0.002~0.020重量%、ビスマス(Bi) 0.0005~0.0150重量%、アルミニウム(Al) 0.005~0.080重量%、残部鉄(Fe)及び不可避免の不純物からなる黒鉛鑄鋼が開示されている。この組成とすれば、微細な球状黒鉛が多数析出するとともに、鎖状黒鉛の晶出を防止することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが黒鉛球状化能をもつ元素を添加することは、他の必要元素の添加量に制限を与えることとなり、組成設計の自由度が低下するという問題がある。また上記公報に記載の黒鉛鑄鋼では、所望の効果は得られるものの、黒鉛球状化能をもつ元素としてREMやBiなどを用いているため、原料コストが高価となるという問題がある。

【0006】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、黒鉛球状化能をもつ高価な元素を用いるこ

となく、微細な球状黒鉛を均一に析出させることを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する第1の発明の微細球状黒鉛鑄鋼の製造方法は、C: 1.2~1.8重量%、Si: 2.5~4.5重量%、残部Fe及び不可避免の不純物からなる黒鉛鑄鋼の溶湯を金型内にて10~250℃/秒の冷却速度で冷却することを特徴とする。

【0008】また、さらに好ましい第2の発明の微細球状黒鉛鑄鋼の製造方法は、C: 1.5~1.8重量%、Si: 3.5~4.5重量%、残部Fe及び不可避免の不純物からなる黒鉛鑄鋼の溶湯を金型内にて10~50℃/秒の冷却速度で冷却することを特徴とする。

## 【0009】

【作用】本発明は、CとSiの組成を特定範囲とした鑄鉄溶湯を、金型内にて10~250℃/秒という大きな冷却速度で冷却するところに特徴を有する。このように急激に冷却することによりミクロボロシティなどの欠陥が導入され、それによって黒鉛生成サイトが増加すると推定され、微細な球状黒鉛が均一に析出する。

【0010】この冷却速度は、液相と固相の間の最大冷却速度として規定することができ、黒鉛が析出する温度領域、つまり凝固開始直後から凝固中及び固相での変態が生じている温度領域での最大冷却速度で示される。この冷却速度が10℃/秒より小さくなると、充分な黒鉛化が得られずセメントライトが生成するため、得られる鑄鋼の機械的性質が低下する。また、この冷却速度が250℃/秒より大きくなると、黒鉛・セメントライト共に生成が抑制され、オーステナイトからマルテンサイトが生成して極めて脆化してしまう。

【0011】CとSiを特定範囲とした理由は以下のとおりである。Cは黒鉛形成に必要不可欠な元素であり、1.2重量%未満では黒鉛生成が不十分となり状態図のAcm線以下でのセメントライト析出が生じる。また1.8重量%を超えると、共晶反応でのセメントライト晶出が生じる。SiはCの黒鉛化を促進する効果をもち、2.5重量%未満では充分な黒鉛化効果が得られずセメントライトが生成する。また4.5重量%を超えると、フェライト相の固溶硬化やシリコン化合物の析出により靱性・延性が低下する。

【0012】なお、C: 1.5~1.8重量%及びSi: 3.5~4.5重量%とさらに狭い範囲とし、それを10~50℃/秒の冷却速度で冷却すれば、微細な球状黒鉛を一層安定して析出させることができ、強度・靱性に一層優れた球状黒鉛鑄鉄を得ることができる。Cが1.5重量%未満であると析出する黒鉛量が少なく、靱性の向上が少なくなる。またSiが3.5重量%未満であると、マトリクスのパーライトが多くなりすぎて延性が低目となる。さらに冷却速度が50℃/秒を超えて

も、同様にマトリクスのパーライトが多くなり延性が低目となりがちである。

【0013】上記のように大きな冷却速度で冷却するのに最適な方法は、金型内で冷却することである。例えば金型内に水などの冷却媒体を通しながら冷却すれば、容易に安定した冷却速度を達成することができる。そして、このように型内で冷却することにより、鑄放し状態で容易に優れた特性をもつ微細球状黒鉛鑄鋼を製造することができる。

【0014】さらに、鑄造時に局部的に冷却速度を変えることにより、得られる鑄鋼の球状黒鉛の形状や析出量に分布を容易にもたせることができる。

【0015】

【実施例】以下、実施例により具体的に説明する。

(実施例1) C: 1.24重量%、Si: 2.5重量%、残部Fe及び不可避の不純物である組成の溶湯を用意した。なお、溶湯の溶解は高周波溶解で行い鑄造直前にFe-Si合金を接種することで組成を整えた。

【0016】この溶湯を所定形状の金型に注湯し、凝固開始直後の1300℃から1200℃における冷却速度が29℃/秒の条件で冷却した。その後の冷却速度は、金型の表面積と溶湯の量との関係から一義的に決まり、その冷却速度で室温まで冷却して鑄造を行った。得られた鑄造品のインゴットから試験片を切り出し、顕微鏡観察でその組織とC形態を調べるとともに、硬度(ビッカ\*

\*ース硬さ)、引張強さ及び破断伸びを測定して、結果を表1に示す。

(実施例2～9・比較例1～4) CとSiの含有量を表1のように種々変化させたこと以外は実施例1と同様にして、それぞれ鑄造を行った。そして実施例1と同様にその組織とC形態を調べるとともに、硬度(ビッカース硬さ)、引張強さ及び破断伸びを測定して、結果を表1に示す。また表1から得られるCとSiの量に対する組織の関係を図8に、CとSiの量に対する破断伸びの関係を図9に示す。なお、図8と図9において、「実」は「実施例」を意味し「比」は「比較例」を意味する。

【0017】なお実施例4、実施例5、実施例6、比較例2及び比較例4で得られた試験片のナイタルエッチング後の光学顕微鏡写真(400倍)を図1～5にそれぞれ示す。実施例4(図1)では、パーライト地のフェライト中に微細な球状黒鉛が析出している。実施例5(図2)では、フェライトとパーライト地に微細な球状黒鉛が析出している。実施例6(図3)では、フェライト地に微細な球状黒鉛が析出している。

【0018】一方、比較例2(図4)では、Si量が少ないためセメントライトが晶出している。また比較例4(図5)では、C量が多いためセメントライトが晶出している。

【0019】

【表1】

		C wt%	Si wt%	冷却 速度 ℃/秒	C形態	マトリクス 組織	硬度 Hv20	引張 強度 MPa	破断 伸び %
実 施 例	1	1.24	2.50	29	球状黒鉛	パーライト	255	826	6.7
	2	1.25	3.53	29	球状黒鉛	パーライト	199	694	7.2
	3	1.22	4.60	29	球状黒鉛	フェライト-パーライト	247	660	2.1
	4	1.55	2.51	29	球状黒鉛	パーライト	250	884	6.0
	5	1.49	3.57	29	球状黒鉛	フェライト-パーライト	208	651	8.5
	6	1.53	4.43	29	球状黒鉛	フェライト	246	703	4.2
	7	1.75	2.55	29	球状黒鉛	パーライト	240	795	5.0
	8	1.77	3.47	29	球状黒鉛	フェライト-パーライト	195	630	7.2
	9	1.80	4.46	29	球状黒鉛	フェライト	221	672	3.6
比 較 例	1	1.03	3.55	29	セメントライト	パーライト	455	470	0
	2	1.50	1.46	29	セメントライト	パーライト	405	440	0.2
	3	1.55	5.40	29	球状黒鉛	フェライト	260	745	0.6
	4	2.02	3.40	29	セメントライト	パーライト	446	500	0

【0020】(評価)表1及び図1～9より、実施例で得られた鑄鋼は全て微細球状黒鉛が析出し、またマトリ※50 ※クスはSiの増加につれてパーライトからフェライトに変化していることがわかる。そしてその結果、実施例で

5

得られた鋳鋼はいずれも良好な強度・延性を有していることが明らかである。

【0021】これに対して比較例1では、C量が少な過ぎてセメントイトが析出し、強度・延性が低下している。また比較例2では、Siが少ないため黒鉛化能が低下してセメントイトが生成し、やはり強度・延性共に低い。比較例3ではSiが多過ぎるため、組織的には球状黒鉛組織となっているものの延性が非常に低い。そして比較例4ではCが多過ぎるため、セメントイトが析出し強度・延性共に低くなっている。

(実施例10～12・比較例5～6)次に、実施例5と同様の組成の溶湯を用い、表2に示すように、鋳型材の種類を変えることで凝固直前の冷却速度を5～350℃/秒の間でそれぞれ選択して、それぞれ鋳造を行った。冷却速度を大きくするためには銅製の金型を用い、冷却速度を小さくするためには砂鋳型を用いている。

\*

		C	Si	鋳	冷却					
		wt%	wt%	型	速度	C形態	マトリクス	硬度	引張	破断
				材	℃/秒		組織	Hv20	強度	伸び
									MPa	%
実 施 例	10	1.49	3.57	銅	249	球状黒鉛	フェライト	215	697	11.5
	11	1.49	3.57	銅	104	球状黒鉛	フェライト	220	680	11.0
	5	1.49	3.57	鉄	29	球状黒鉛	フェライト-フェライト	208	651	8.5
	12	1.49	3.57	鉄	10	球状黒鉛	フェライト	233	603	4.7
比 較 例	5	1.49	3.57	銅	350	-	フェライト	520	375	11
	6	1.49	3.57	砂	5	ヒメライト	フェライト	455	451	0.3

【0025】(評価)表2より、冷却速度が10～249℃/秒の範囲では球状黒鉛が析出し、良好な強度と延性が得られている。これに対し比較例5では、冷却速度が大きすぎるため黒鉛及びセメントイトの生成が阻止されてマルテンサイトが生じ、それにより延性が低下している。また比較例6では、冷却速度が小さ過ぎるためセメントイトが生成し、やはり延性が低下している。

【0026】また図10より、良好な延性を示す鋳鋼を得るのに最適な冷却速度が存在することが明らかである。

【0027】

【発明の効果】すなわち本発明の製造方法によれば、冷却速度の調整だけで微細球状黒鉛を析出させることができるので、黒鉛球状化能をもつ高価な元素を用いる必要がなくコストを低減することができる。また熱処理なども不要であり、金型内で冷却する鋳放し状態で、強度・韌性に優れた鋳鋼を極めて容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例4で得られた鋳鋼の結晶構造を※

6

\*【0022】得られた鋳造品のインゴットから試験片を切り出し、顕微鏡観察でその組織とC形態を調べるとともに、硬度(ビッカース硬さ)、引張強さ及び破断伸びを測定して、結果を表2に示す。また冷却速度と破断伸びの関係を図10に示す。なお、図10において「実」は「実施例」を意味し、「比」は「比較例」を意味する。

【0023】なお比較例5及び比較例6で得られた試験片のナイタルエッチング後の光学顕微鏡写真(400倍)を図6～7にそれぞれ示す。比較例5(図6)では、冷却速度が大き過ぎるためにマルテンサイトが生成している。また比較例6(図7)では、冷却速度が小さ過ぎるためセメントイトが析出している。

【0024】

【表2】

30※示す顕微鏡写真である。

【図2】本発明の実施例5で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

【図3】本発明の実施例6で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

【図4】本発明の比較例1で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

【図5】本発明の比較例4で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

【図6】本発明の比較例5で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

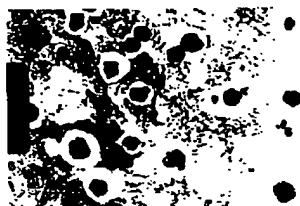
【図7】本発明の比較例6で得られた鋳鋼の結晶構造を示す顕微鏡写真である。

【図8】炭素量及び珪素量と得られる鋳鋼の組織との関係を示す線図である。

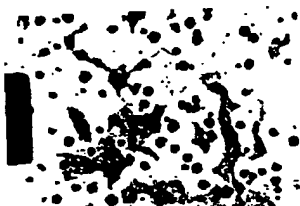
【図9】炭素量及び珪素量と破断伸びとの関係を示す線図である。

【図10】炭素量及び珪素量が一定の場合の冷却速度と破断伸びとの関係を示す線図である。

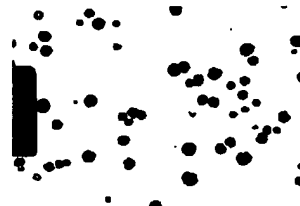
【図1】



【図2】



【図3】



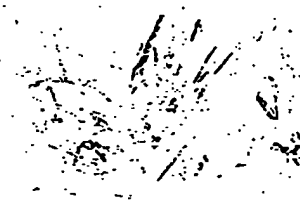
【図4】



【図5】



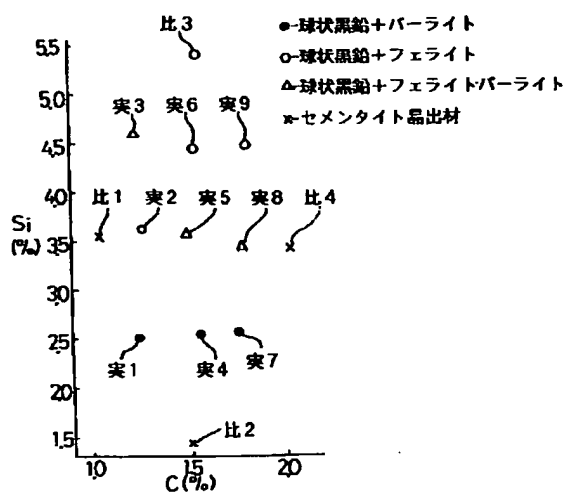
【図6】



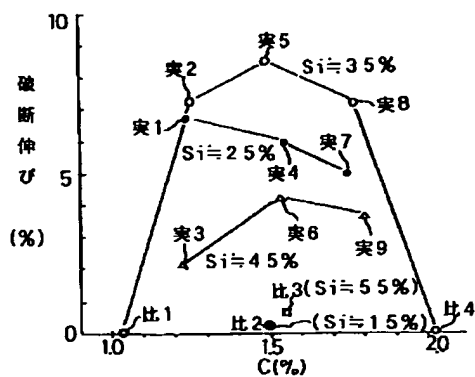
【図7】



【図8】

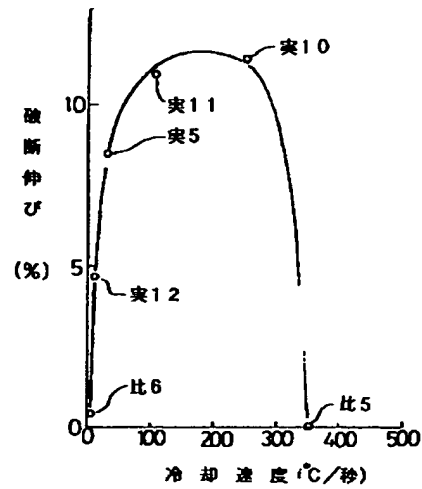


【図9】



BEST AVAILABLE COPY

【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成6年7月18日

【手続補正1】

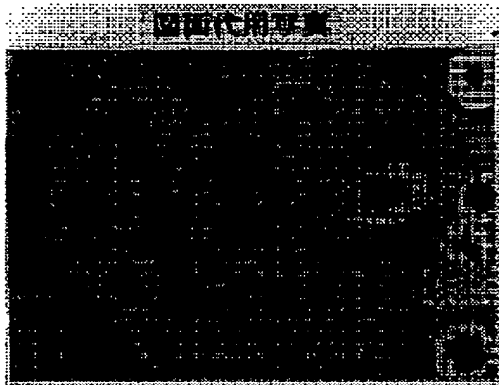
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

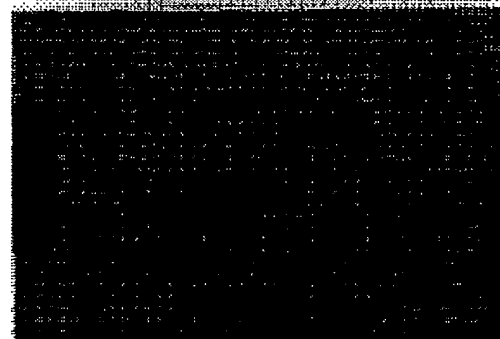
【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



図面代用写真



【手続補正3】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】

【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

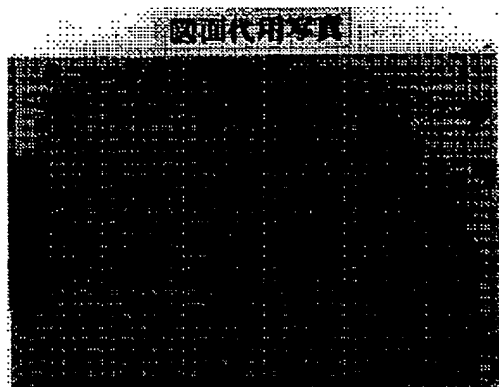
【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】

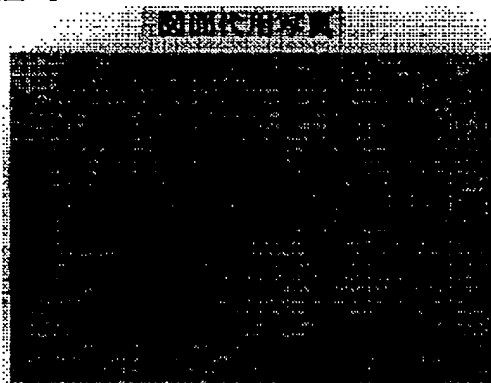




【手続補正4】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図4  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【図4】



【手続補正5】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図5  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【図5】



【手続補正6】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図6  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【図6】



【手続補正7】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図7  
【補正方法】変更  
【補正内容】  
【図7】

BEST AVAILABLE COPY

(8)

特開平8-27537

